

استخدام الحاسبات الالكترونية في

حساب حجم الاجسام من الصور الشعاعية الطبقيّة
واعادة تكوينها مجسمة

VOLUME CALCULATION AND 3 - D RECONSTRUCTION
CT - IMAGES

رزكار نايب جياووك
منظمة الطاقة الذرية

1 - الخلاصة :

في هذا البحث سوف نقدم تقنية جديدة لحساب حجم جسم ورسمه مجسما وفي نفس الوقت التخلص من الجهة التي لا نستطيع رؤيتها ، بوقت قصير جدا قياسا بالتقنيات المستخدمة حاليا . واحتياجات هذه التقنية هي صور لمقاطع عرضية للجسم او العضو المراد رسمه والمسافة بين هذه المقاطع .

أما من ناحية دقة هذه التقنية ، فانها تعتمد على عدد المقاطع العرضية المأخوذة للجسم او العضو بواسطة الـ (BODY -SCANNER) وعدد النقاط على محيط كل مقطع والمسافات بين المقاطع .

2 - المقدمة :

إن تمثيل الأشكال المجسمة بأعداد مخزونة في ذاكرة الحاسبة الالكترونية هي لحد الآن من المسائل الصعبة في موضوع الرسم بواسطة الحاسبات الالكترونية (COMPUTER GRAPHICS) ولقد أعجب الكثير من الباحثين بهذا الموضوع في السنوات العشرة الأخيرة ، وان عددا من هذه التقنيات (TECHNIQUES) مستخدمة حاليا لعرض رسوم مجسمة بواسطة الحاسبات الالكترونية .

إن رسم الخطوط الخارجية (WIRE - FRAME) للصورة المراد رسمها مجسمة ، هي تقنية نستطيع أن نقول بأنها بسيطة من ناحية الحسابات المطلوبة لها ولا تأخذ وقتا طويلا لحسابها ، ولكن الوقت التي تستغرقه تقنية أخرى مرافقة للأولى ألا وهي التخلص من الخطوط التي تقع خلف حجم الجسم (أي التي تقع في الجهة التي لا نستطيع رؤيتها) ويطلق عليها : (HIDDEN - LINE ELEMINATION) .

إن إظهار الأجسام مجسمة بواسطة الحاسبة الالكترونية لها أهمية كبيرة في التشخيص الطبي ، فمثلا امكانية رؤية الأورام السرطانية وغير السرطانية التي بداخل جسم الانسان قبل اجراء العمليات الجراحية لها أهمية كبيرة بالنسبة للطبيب الجراح ، اذ انها توفر له معلومات عن حجم ومكان وشكل هذا الورم قبل اجراء العملية الجراحية ، هذه من ناحية ، ومن ناحية أخرى في حالة المعالجة بالاشعاع الذري (RADIOTHERAPY) ، حيث هذا النوع من العلاج يحتاج الى معرفة بعض المعلومات عن مكان وحجم الورم ، اي اين يقع وعمقه عن السطح الخارجي للجسم وما هي ابعاده ، لكي يتم حساب كمية الاشعاع اللازمة للقضاء على هذا الورم ودون اللجوء الى عملية جراحية .

3 - طريقة احتساب حجم الأجسام :

لقد تم ايجاد طريقة لحساب حجم جسم عند معرفة مقاطعه العرضية⁴ .
أدناه هي خطوات طريقة الاحتساب :

* اختار مقطعين عرضيين متجاورين (ابدأ من الأعلى الى الأسفل) وليكون (A) و (B) .

* خذ (n) من النقاط على محيط كل من (A) و (B) وليكن ترتيبهما عكس عقرب الساعة .

* أوصل بخطوط مستقيمة النقاط على كل من (A) و (B) .
* أوصل نقاط (A) بنقاط (B) بشرط :

- أن تكون مثلثات ،

- المستقيمت الواصلة لا تتقاطع .

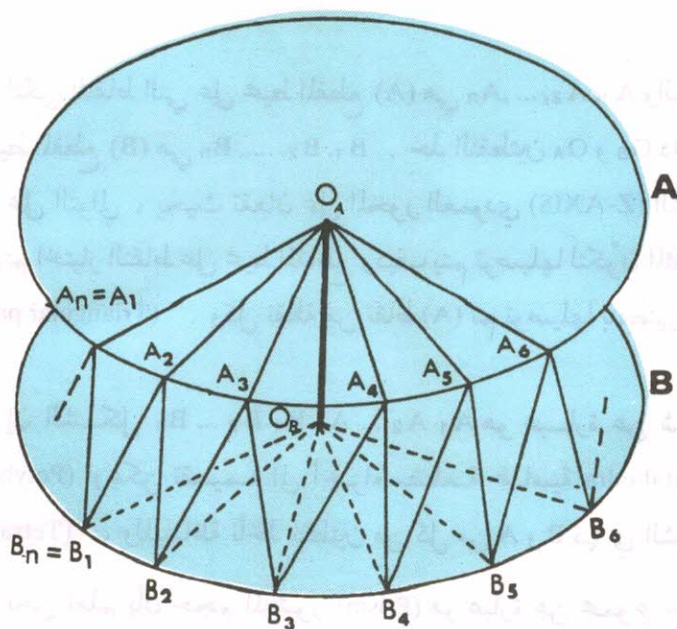
* احسب الحجم بين المقطعين بواسطة الطريقة المعطاة أدناه .

* كرر ما جاء أعلاه لكل مقطعين متجاورين .

* ارسم الجسم بواسطة البرامج المعطاة¹ ،

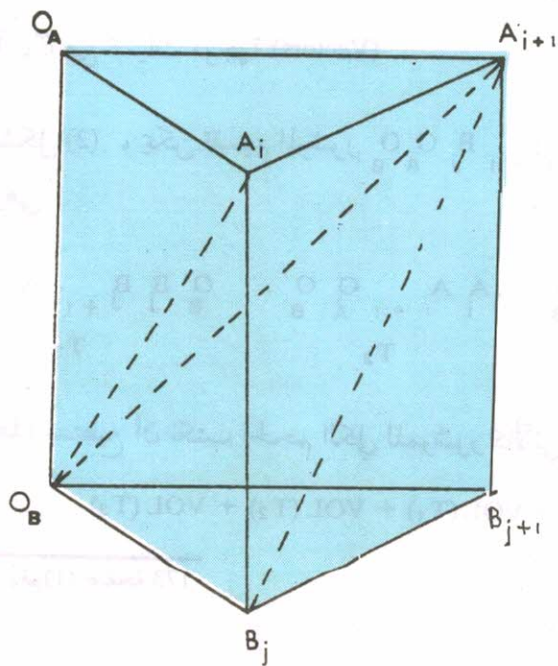
إن النقاط على محيط كل من المقطعين (A) و (B) يمكن أن يتم اختيارها باليد أو اتوماتيكيا¹ .

الشكل (1) يبين طريقة الاحتساب المذكورة أعلاه .



(1) شکل

(2) شکل



لتكن النقاط التي على محيط المقطع (A) هي A_1, A_2, \dots, A_n والنقاط التي تقع على محيط المقطع (B) هي B_1, B_2, \dots, B_n . خذ النقطتين O_A و O_B داخل المقطعين A و B على التوالي ، بحيث تقعان على المحور العمودي (Z-AXIS) الشكل (1) يبين كيف يتم اختيار النقاط على محيط المقاطع وكيف يتم توصيلها لتكون المثلثات الصغيرة (Triangular patches). وكل نقطة من نقاط (A) تم توصيلها بنقطتين من (B).

إن الشكل $A_1 A_2 \dots A_n B_1 B_2 \dots B_n$ هو عبارة عن شكل مضلع (Polyhedron) ويمكن تقسيمه الى أجزاء مضلعة خماسية Pentahedra ورباعية (Tetrahedra) ، وللبساطة نأخذ نقطتين من كل من A و B كما في الشكل (2).

نحن نعلم بأن حجم الموشور (Prism) هو عبارة عن مجموع حجم الأهرام الثلاثة المكونة للموشور . ومن الشكل (2) الذي هو موشور ، نستطيع حساب حجمه بحساب حجم الأهرام المكونة له ، وان حجم الهرم هو (*) :

$$V = \frac{1}{6} (\vec{a} \times \vec{b}) \cdot \vec{c}$$

حيث \vec{a} ، \vec{b} ، \vec{c} هي كميات موجهة (Vectors).

من الشكل (2) ، يمكن تقسيم الموشور $O_A O_B A_i A_{i+1} B_j B_{j+1}$ الى ثلاثة اهرام وهي :

$$\begin{array}{ccc} A_i A_{i+1} B_j O_B & , & A_i A_{i+1} O_A O_B \\ T_1 & & T_2 \end{array} \quad , \quad \begin{array}{ccc} O_B B_j B_{j+1} A_{i+1} & & \\ T_3 & & \end{array}$$

ومن هذا نستطيع أن نكتب الحجم الكلي للموشور كالاتي :

$$V(\text{Polyhedron}) = \text{VOL}(T_1) + \text{VOL}(T_2) + \text{VOL}(T_3)$$

(*) انظر المصدر رقم (1) صفحة 173

ويمكن احتساب الحجم كالآتي :

$$VOL(T_1) = \frac{1}{6} (\vec{O_B A_i} \times \vec{O_B A_{i+1}}) \cdot \vec{O_B B_c} \quad (1)$$

$$VOL(T_2) = \frac{1}{6} (\vec{O_B A_i} \times \vec{O_B A_{i+1}}) \cdot \vec{O_B O_A} \quad (2)$$

$$VOL(T_3) = \frac{1}{6} (\vec{O_B B_j} \times \vec{O_B B_{j+1}}) \cdot \vec{O_B A_i + 1} \quad (3)$$

وان الحجم الكلي للجسم يكون :

$$V_{Total} = VOL(T_1) + VOL(T_2) + VOL(T_3)$$

لكافة قيم i و j .

واذا كانت احداثيات النقاط هي :

$$A_i = (X_i, Y_i, Z_A)$$

$$B_j = (X_j, Y_j, Z_B)$$

فإن المعادلة (1) تصبح كالآتي :

$$VOL(T_1) = \frac{1}{6} (Z_A - Z_B) (X_j (Y_i - Y_{i+1}) - Y_j (X_i - X_{i+1}))$$

وبنفس الطريقة يمكن استخراج المعادلات الأخرى (2) و (3) .

ومن خلال تطبيق هذه الطريقة وجدنا بأن (Keppel) قد استخدم طريقة مماثلة لهذه الطريقة ولكن هناك نقاط لم تتفق عليها نحن الاثنين والتي هي :

- لقد قسم (Keppel) الشكل الموشور (شكل 2) الى أربعة اهرام بينما في الواقع لا يجوز تقسيمه الى اكثر من ثلاثة أهرام (*) .

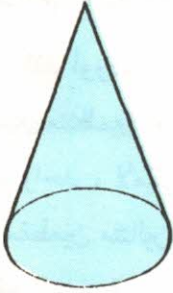
(*) انظر المصدر رقم (1) ص 100

- اختلاف في محتوى المعادلات (1) ، (2) ، (3) ومحتوى معادلاته .
 - يجب ضرب المعادلات (1) و (2) و (3) في 1/6 بدلا من 1/3 (**).
- في الجدول رقم (1) أدناه يبين نتائج تطبيق الطريقتين لبعض الأشكال الهندسية المنتظمة :

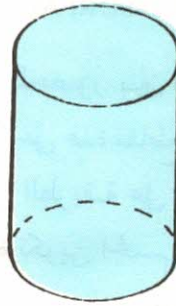
جدول رقم (1)

شكل رقم	الحجم المضبوط	الحجم بطريقة Keppel	الحجم بالطريقة الجديدة
1-3	84.857	113.074	84.806
2-3	28.286	112.524	28.131
3-3'	58.536	120.571	58.235
4-3	176.393	276.874	175.462

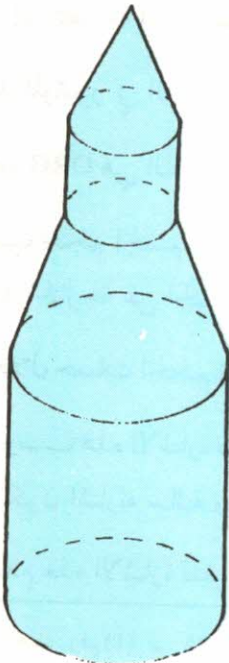
(**) انظر المصدر رقم (1) ص 173



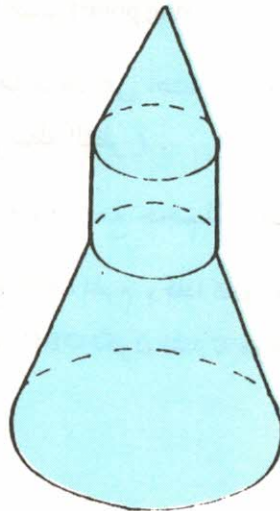
1-3



2-3



4-3



3-3

شکل (3)

4 - رسم الأجسام المجسمة (3-D SURFACE RECONSTRUCTION)

لقد أوردنا سابقا طريقة احتساب الحجم التقريبي المحصور بين مقطعين عرضيين منتظمين او غير منتظمين . ولو عممنا هذه الطريقة على عدة مقاطع عرضية لجسم واحد ، لأمكن احتساب حجم ذلك الجسم وبنفس الطريقة على أن تكرر لكل مقطعين متتالين وباستخدام هذه الطريقة يمكن اعادة تكوين الجسم من هذه المقاطع العرضية ورسمه بواسطة الحاسبات الالكترونية ، ولكي يظهر الجسم المعاد تكوينه مجسما ، يجب علينا أن نجد وسيلة لحذف الجهة التي لا نستطيع رؤيتها (الجهة الخلفية من الجسم) .

إن الطريقة التي نرسم بها الجسم مجسما هي كما يأتي :

- لنأخذ المشور في الشكل (4)

- النقطة ORG هي النقطة التي ننظر منها الى الجسم (Viewing point)

- نحسب حجم الجسم بالطريقة التي تم ذكرها سابقا على اعتبار نقطة المركز هي ORG الخارجة عن الجسم (والتي هي نفس نقطة النظر) .

- من خلال حساب الحجم تظهر هناك اشارة (+) او (-) مع حجم الهرم المحسوب .

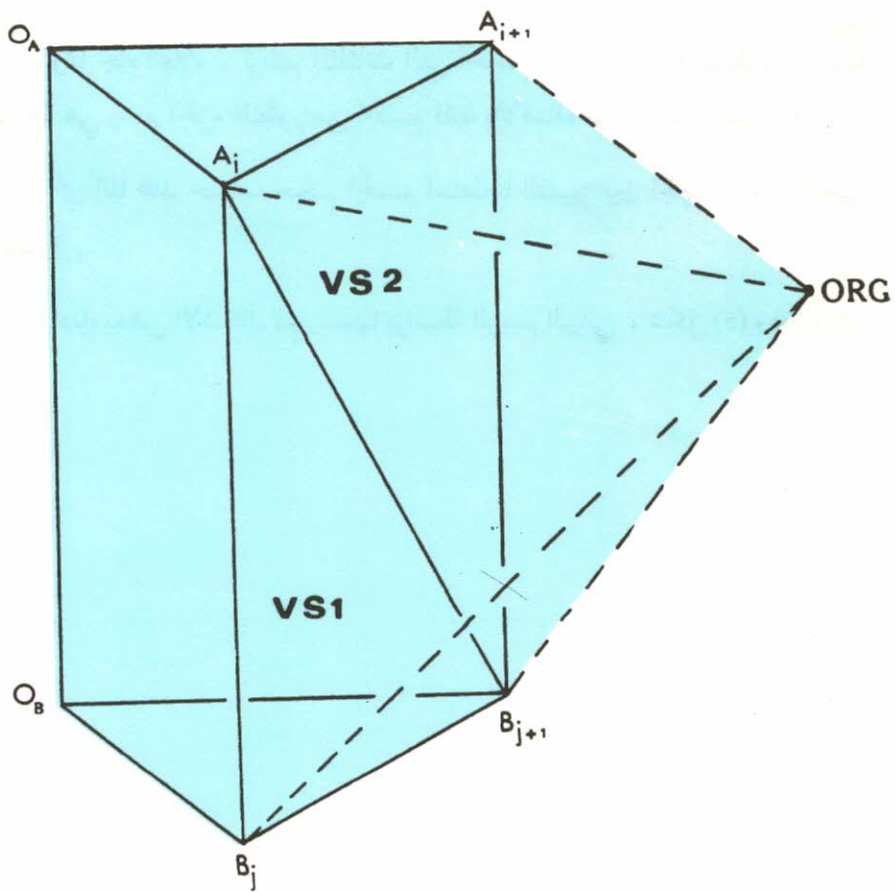
وسبب هذه الاشارة هو العمود على سطح قاعدة الهرم ، فاذا كان العمود باتجاه ORG تكون اشارته سالبة واذا كان بعكس اتجاه ORG تكون اشارته موجبة (*) .

- نستخدم هذه الاشارة للغرض الآتي :

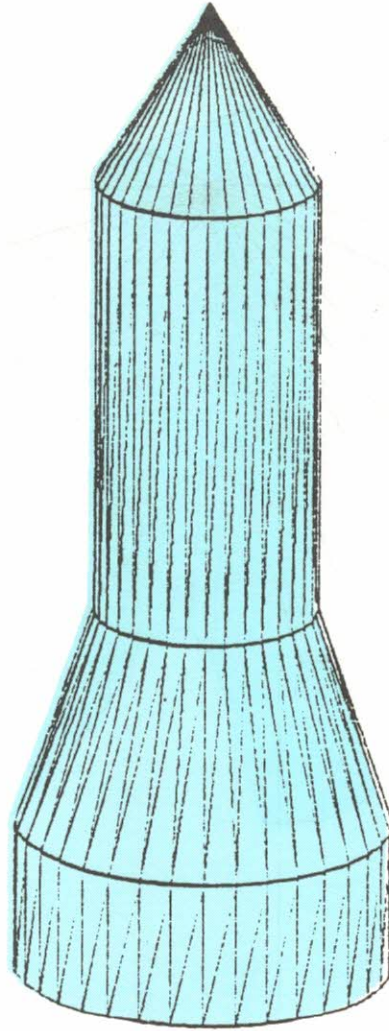
(*) انظر المصدر رقم (1) ص 175

* اذا كانت الاشارة سالبة ، هذا يعني بأن قاعدة هذا الهرم منظورة .
* واذا كانت الاشارة موجبة ، هذا يعني بأن قاعدة هذا الهرم غير منظورة .
ومما جاء أعلاه ، نرسم المثلثات التي أحجام اهرامها سالبة فقط ، فتكون
النتيجة هي رسم الجزء المنظور من الجسم فقط بالاضافة الى حجم الجسم الكلي .
أي إننا عند حساب حجم الجسم استطعنا التمييز بين الجهة المنظورة وغير
المنظورة .

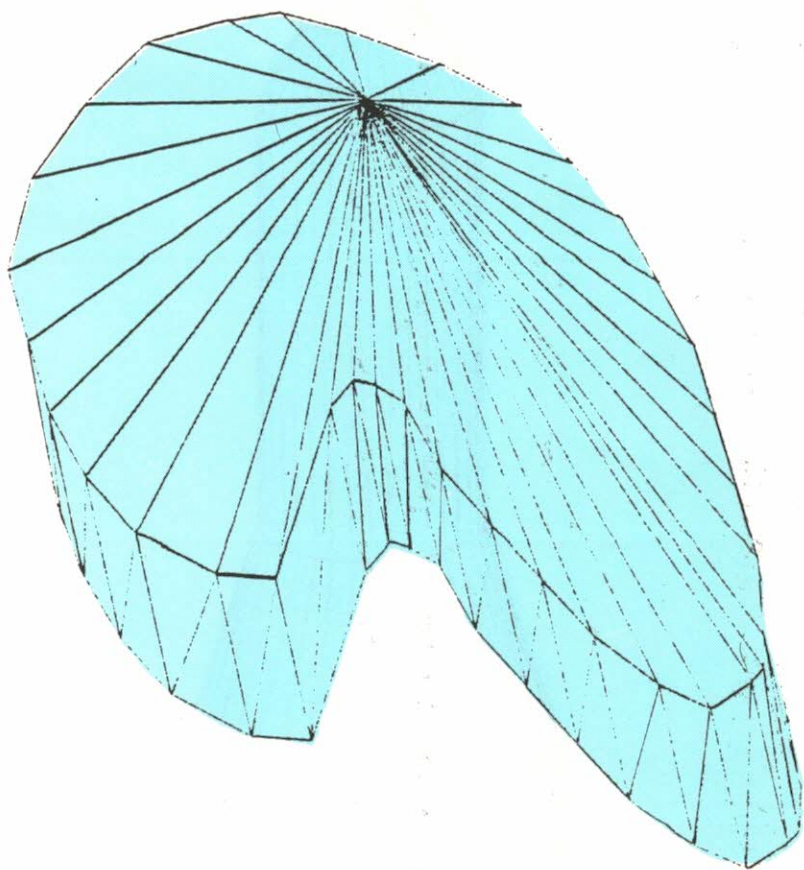
أدناه بعض الأشكال تم رسمها بواسطة الرسم البياني ، شكل (5) و (6) و (7)



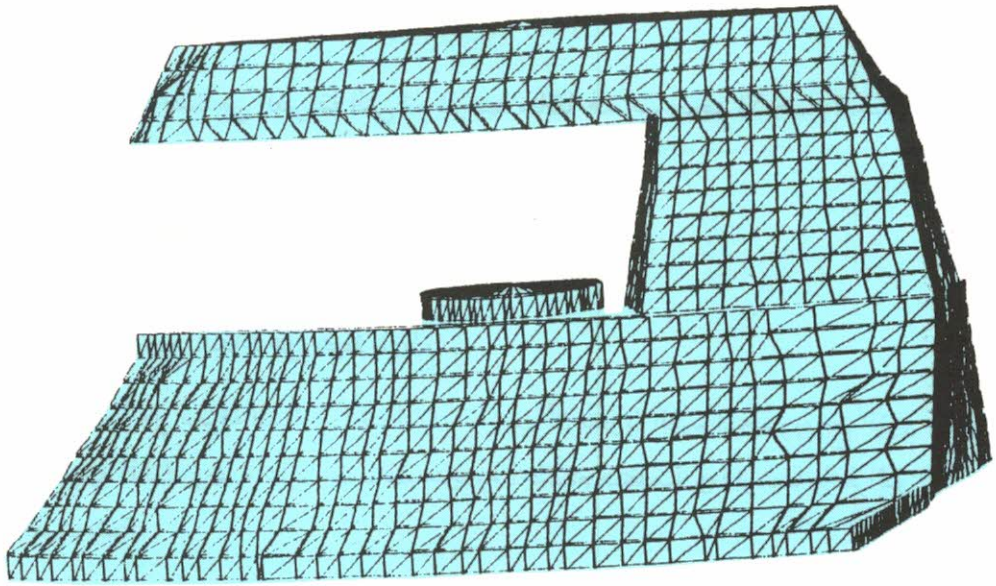
شکل (4)



شكل منتظم تم رسمه بواسطة الرسام البياني
شكل (5)



شكل (6)
شكل غير منتظم تم رسمه بواسطة الراسم البياني



شكل (7)
شكل معقد (مكوى كهربائي) تم رسمه بواسطة الراسم البياني

5 - الدقة في احتساب الحجم (ACCURACY OF THE VOLUME CALCULATION) :

لقد وجدنا من الطريقة التي تم شرحها سابقا لحساب حجم الأجسام المختلفة بأنها تعتمد على :

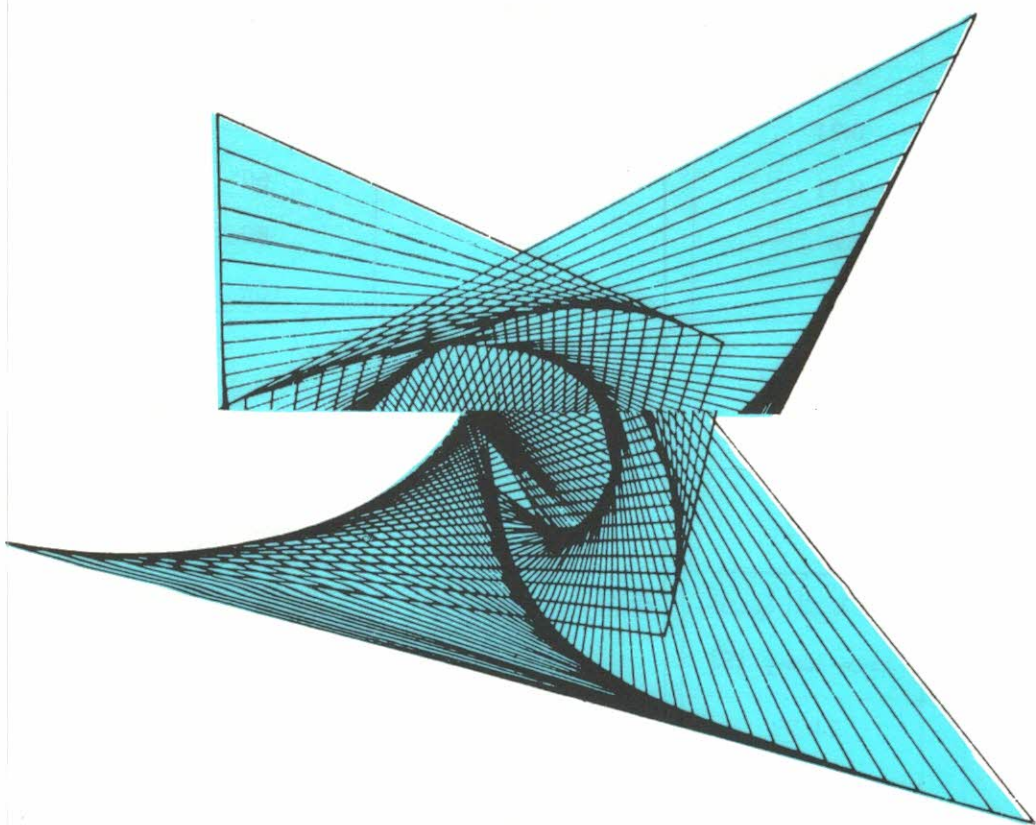
- المسافة النسبية بين المقاطع العرضية .
- عدد النقاط على محيط المقطع .
- توزيع النقاط على محيط المقطع .

ولأجل معرفة الدقة في الحسابات ، يجب أن نقارن القيم المحسوبة مع القيم الحقيقية لذلك وجب علينا حساب حجوم أجسام منتظمة ومقارنتها بالطرائق المستخدمة .

الجدولان يبينان تأثير عدد نقاط محيط المقطع على حجم الاسطوانة .
أنظر الشكل البياني رقم (8) .

جدول رقم (2)

نصف قطر القاعدة = 1 سم
الحجم المضبوط = 9.42 سم³
ارتفاع الاسطوانة = 3 سم



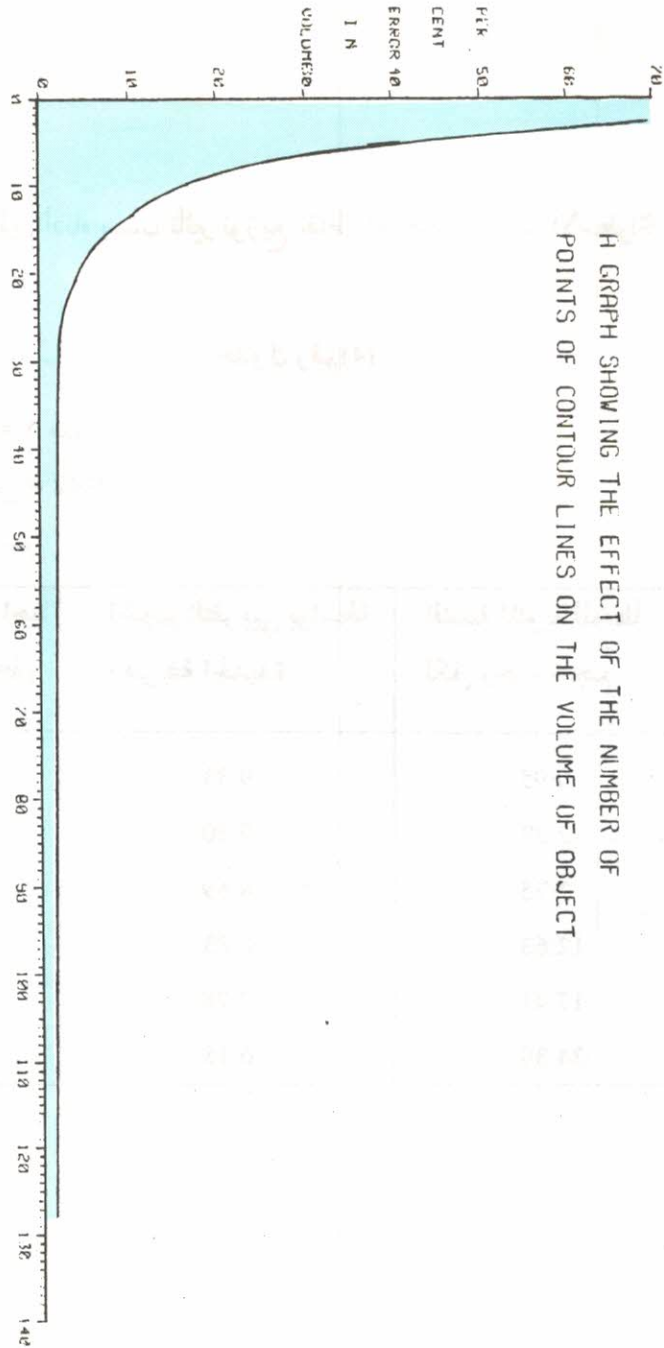
عدد نقاط المحيط	الحجم التقريبي بواسطة الطريقة الجديدة	النسبة المئوية للخطأ لكل وحدة حجم
5	7.13	24.31
10	8.82	6.36
15	9.15	2.86
25	9.32	1.06
50	9.40	0.21
60	9.41	0.11
80	9.42	0.0
100	9.42	0.0

جدول رقم (3)

نصف قطر القاعدة = 5 سم
الحجم المضبوط = 235.71 سم³
ارتفاع الاسطوانة = 3 سم

عدد نقاط المحيط	الحجم التقريبي بواسطة الطريقة الجديدة	النسبة المئوية للخطأ لكل وحدة حجم
5	178.32	24.35
10	220.42	6.48
15	229.54	2.62
25	233.50	0.94
50	234.99	0.30
60	235.19	0.22
80	235.43	0.12
100	235.45	0.11

A GRAPH SHOWING THE EFFECT OF THE NUMBER OF
POINTS OF CONTOUR LINES ON THE VOLUME OF OBJECT



شکل (8) بیان می کند که تعداد نقاط محیط المقطع بر حجم استوار است

والجدولين أدناه يبينان تأثير توزيع نقاط المحيط على حجم الاسطوانة ، انظر الشكل (9) ، (10) .

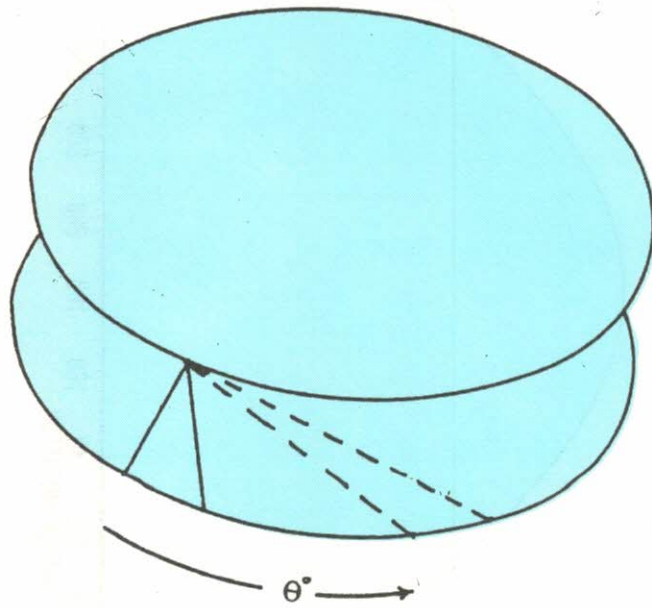
جدول رقم (4)

نصف القطر = 1 سم

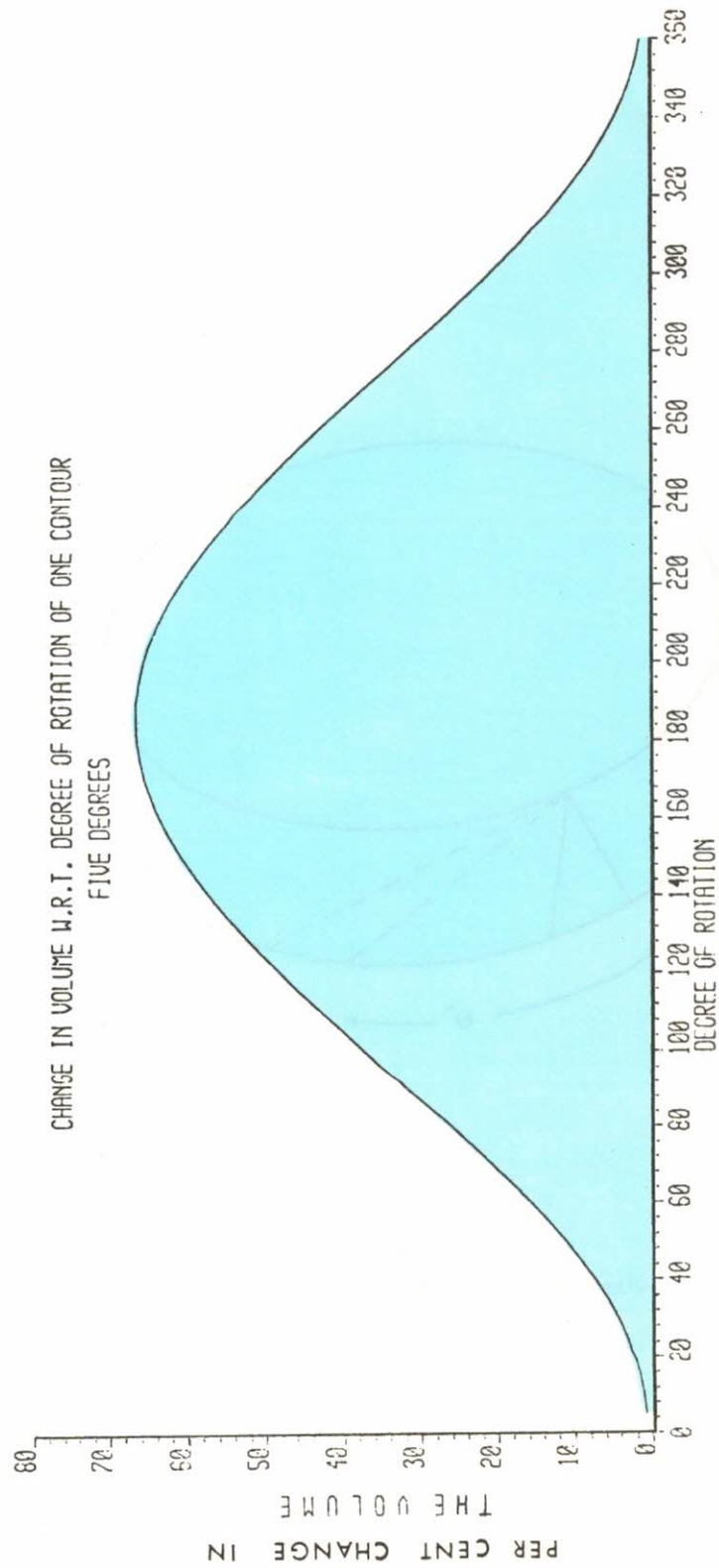
الحجم الحقيقي = 9.42 سم³

الارتفاع = 3 سم

النسبة المئوية للخطأ لكل وحدة حجم	الحجم التقريبي بواسطة الطريقة الجديدة	درجة دوران احد المقطعين (درجة)
0.95	9.33	5
2.33	9.20	10
7.75	8.69	25
12.63	8.23	36
17.41	7.78	45
34.39	6.18	72



شكل (9) شكل يبين توزيع نقاط محيط المقطع ودرجة الدوران



شكل (10)
شكل بياني يبين تأثير توزيع نقاط المحيط على حجم الاسطوانة

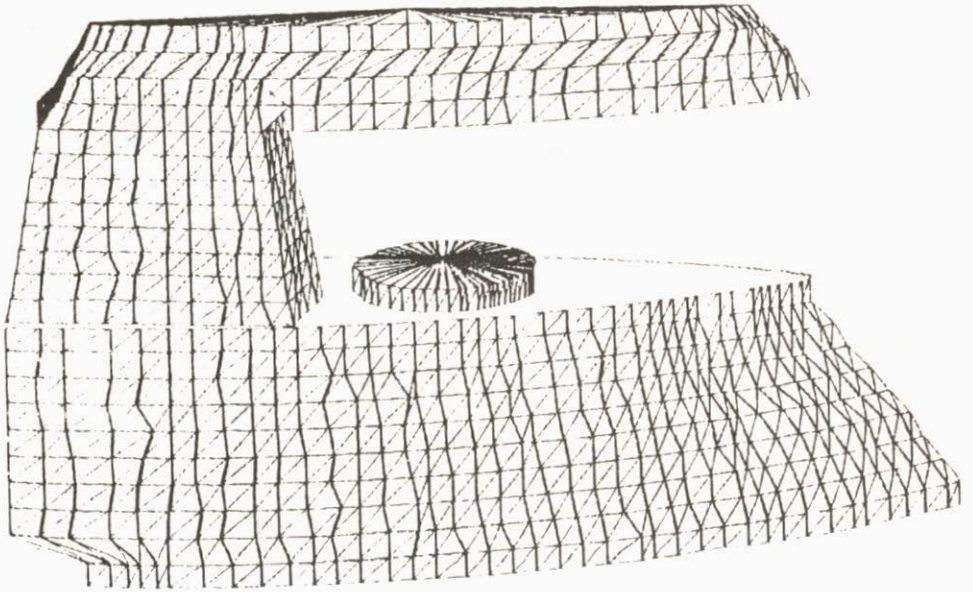
جدول رقم (5)

نصف القطر = 3 سم

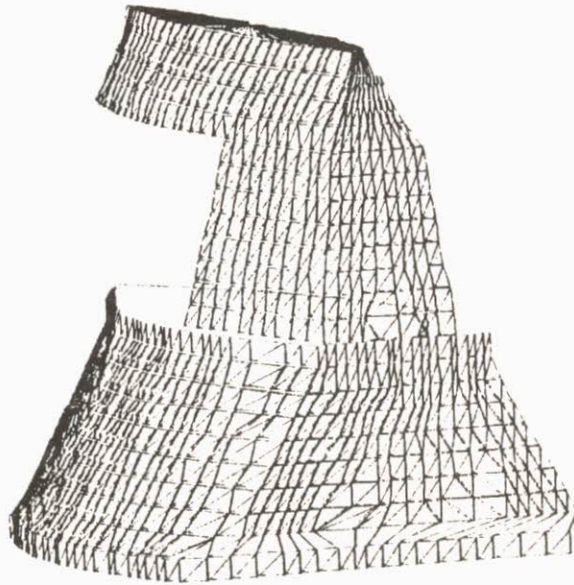
الحجم المضبوط = 235.71 سم³

الارتفاع = 3 سم

النسبة المئوية للخطأ لكل وحدة حجم	الحجم التقريبي بواسطة الطريقة الجديدة	درجة دوران احد المقطعين (درجة)
1.08	233.16	5
2.23	230.45	10
7.94	216.98	25
12.70	205.77	36
17.49	194.49	45
34.43	154.56	72



شكل (11)
رسم المكوى الكهربائي من الجهة الثانية



شكل (12)
رسم المكوى الكهربائي من الجهة الخلفية

6 - الاستنتاجات

إن الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تصميم تقنية تسهل عملية رؤية أعضاء الجسم الداخلية بشكل مجسم ، بالإضافة الى احتساب حجم ذلك الجسم . وان المعلومات الأولية المطلوبة لهذه التقنية هي صور شعاعية طبقية لذلك الجسم .

إن رؤية أعضاء الجسم الداخلية مهمة جدا وخاصة اذا كان بالامكان تدوير ذلك الجسم بعد تكوينه ، أي بمعنى آخر رؤية أية جهة لهذا الجسم ، وقد قدمنا مثل هذه الميزة ضمن هذا البحث ، والشكل (11) و (12) يبين ذلك .

وقد بحثنا ايضا دقة حساب الحجم ، حيث أن مقدار الخطأ في حساب الحجم لا يتجاوز الـ 5% في كثير من الحالات كما بالامكان تخفيضه الى 1.5% ، ولكن هذا يكون على حساب وقت الحاسبة .

إن من التطبيقات الأساسية لهذه التقنية هي حساب حجم الورم ، الذي يتم معالجته بالاشعاع ، بين فترة وأخرى ليعطينا اشارة واضحة ، بضمور هذا الورم ام لا .

المصادر

- 1) JIAWOOK, R.N., M. Phil. Thesis, Sussex University, (1978).
- 2) KEPPEL, E., IBM J. Res. Develop., Jan. (1975).
- 3) BAKER, K. D., and JIAWOOK, R. N., The 8TH. International Conference on recent advances in biomedical engineering, 17-21, April, (1978).

4 - جياووك ، رزكار نابي ،

مجلة الحاسبات الالكترونية ، المركز القومي للحاسبات
الالكترونية ، العدد الثامن ، 1981